Research & Development Highlights

Socio-economic Series *Issue 15*

Sustainable Residential Developments: Planning, Design and Construction Principles (Greening the "Grow Home")

Introduction

Increased environmental awareness and socio-economic changes in Canada are creating a demand for houses that are more affordable, more energy- and resource-efficient, and more responsive to changing demographics. In 1990, McGill University's Affordable Homes Program unveiled the "Grow Home," an adaptable narrow-front town house that is responding to these new demands. Just under 5 metres wide, the Grow Home substantially reduces land and infrastructure costs, compared to conventional detached houses. Its smaller size (93 m^2) and shared walls also reduce construction and operating costs. Without compromising high-quality construction and materials, Grow Homes can be built for under $40,000, and, depending on the price of land and servicing costs, they can be sold for under $100,000 overall.

This study, commissioned by Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), investigates a range of issues related to planning, designing and constructing more sustainable housing. Using a standard Grow Home as the base case, the report reviews the following products, methods and practices with the potential to conserve energy, land, water and other natural resources:

1. Unit Planning Principles
2. R-2000 Building Technology
3. Construction Details
4. Prefabricated Wall Panels

Cette publication est aussi disponible en français sous le titre *Aménagements domiciliaires durables—Principes de conception et de construction (La maison évolutive, version écologique)*

CMHC SCHL
Helping to house Canadians

NHA 6408

5. Building Materials
6. Window Units
7. Mechanical Systems
8. Water-Efficient Plumbing Fixtures
9. Xeriscapes: Water-Efficient Landscapes
10. Waste Disposal
11. Healthy Indoor Environments

Where applicable, the above products, methods and practices are analyzed in terms of their payback periods: the length of time necessary to recover an initial investment (in this case, the price differential between standard technologies and their more resource-efficient counterparts). Each chapter concludes with general guidelines builders can follow to improve the resource-efficiency of their houses. Additional sources of information for each of the subject areas are also provided.

Some Key Findings

Unit Planning Principles

One of the easiest ways of reducing material use and heat loss is by simplifying a unit's configuration. A circular configuration is the most efficient form, in terms of materials and heating requirements. However, it is difficult to partition interior spaces, the curved walls can be expensive to build, and the form does not meet housing expectations of Canadians. While somewhat less efficient, square and rectangular configurations represent more traditional and marketable house forms. Moreover, the land and infrastructure savings associated with rectangular configurations, which can be built on narrower lots, may more than offset the energy and material savings associated with simpler, circular plans. Rectangular units are also easily attached as row-houses, which leads to further material and energy savings.

One of the easiest ways of reducing material use and heat loss is by simplifying a unit's configuration.

Material requirements can be further reduced through more efficient framing practices. For example, lumber used for wall framing can be reduced by 12 percent by spacing studs at 610 mm, rather than 405 mm. Aligning floor joists with wall studs eliminates 61 metres of wall studs. Using two studs in corners, rather than three, saves an additional 19.5 metres of lumber, and the same technique applied to interior partitions saves 97.5 metres of interior framing lumber. With every four houses built, these techniques can save enough lumber to frame the walls of a fifth house.

Wood waste can be reduced by ensuring that floor plans accommodate standard modular dimensions of building materials. Table 1 illustrates four simple plans with the same floor areas, but different dimensions. Although there is no significant difference in the amount of wood required to build each of these plans, the amount of waste generated varies significantly.

Table 1 Alternative Modular Design / Dimensions and Material Usage

			Joists		Sheathing	
Plan	Module	Dimensions (m^2)	Ordered (m)	Wasted (m)	Ordered (m^2)	Wasted (m^2)
Plan 1	No module	5.2 x 9 m (46.8 m^2)	403.6	25.4	249.7	17.2
Plan 2	406 mm (16")	5.3 x 8.7 m (46.1 m^2)	408.4	24.0	249.7	16.4
Plan 3	610 mm (24")	4.3 x 11 m (47.3 m^2)	302.4	2.4	249.7	7.3
Plan 4	1220 mm (48")	4.9 x 9.6 m (47.04 m^2)	302.4	0.0	237.9	0.0

101-03288/

Construction Details

Simple measures can help save energy and improve indoor air quality. Air leakage rates in an average home range from 0.5 to 1.0 air changes per hour (ACH). Filling in spaces between joists with batt or rigid board insulation, increasing stud spacing to reduce thermal bridging, properly sealing service penetrations, and ensuring air-tight window and door installation can reduce air leakage to 0.1, or even 0.05 ACH. For a 150 m^2 house, this represents a reduction of about 348 m^3 of air. The cost of heating and conditioning this air in Montreal is about $455 a year. Table 2 illustrates that the additional costs for air-tight construction are paid back in energy savings within three to five years.

Table 2 Cost Implications of Air-Tight Construction

Detailing Quality	Energy Savings	Incremental Construction Costs	Payback Period (years) [1]
Air-tight (0.10 ACH)	$77	$230	3.3
Very air-tight (0.05 ACH)	$88	$381	5.1

[1] True payback period; based on discount rate of 10% and 4% escalation in energy costs.

Prefabricated Wall Panels

The use of prefabricated panel systems can lead to substantial savings in both construction and operating costs. Operating costs are reduced by virtue of the systems' superior quality: improved thermal resistance, reduced thermal bridging and air-tight construction. Construction costs can be lowered by reducing material wastage on site (e.g. warpage, rot, theft, vandalism). The faster assembly process can also translate into savings in overhead and financing costs.

Windows

Selecting more energy-efficient windows can significantly reduce heat loss through the building envelope. The savings are most pronounced in row-houses, as the window area accounts for a greater portion of the exterior wall area. In a row-house version of the Grow Home, windows occupy some 25 percent of the total exposed wall area, and account for 45 percent of the total heat loss. Table 3 shows the energy-cost savings and payback periods associated with different window glazings. The energy-cost savings are based on heat losses only, and do not include passive solar gains. Accounting for solar heat gains, an upgrade from a standard window unit to a high-performance unit (RSI 0.59) can pay for itself in 3.5 years.

Table 3 Payback Period for Different Glazing Types

Glazing Type	RSI (window unit)	Heat Loss (W)	Energy Consumed (KWh)	Energy Cost Savings	Incremental Cost Increase	Payback Period (years)
Double, air, alum. spacer	0.36	1780	2599	Standard	Standard	—
+ low-e coating	0.47	1363	1991	$29	$239	11.7
+ argon gas	0.52	1232	1799	$37	$259	9.3
+ insulative spacer	0.59	1093	1597	$47	$408	12.6

- **Window frame assumed to be wood**
- **RSI values and incremental costs from Scanada, 1992**
- **Energy consumption is for the Montreal area; heating costs assumed at $0.0489/KWh**
- **Payback based on heat loss only; heat gains not accounted for**

Selecting more energy-efficient windows can significantly reduce heat loss through the building envelope.

Water Efficiency:

Table 4 shows that installing a complete water-efficient package will cost an additional $74. The payback period for these upgrades is eight months, based on the average Canadian water rate of $0.65/m³. This payback period does not account for the additional energy savings that accrue from conserving hot water.

Table 4 Water-Efficient Fixtures and Payback Periods

Fixture	Conventional Consumption	Water-Saving Device	Water Savings Per Unit	Water Savings L/day/capita	Initial Cost Difference	Payback Period (months)
Toilet	20L/flush	low-flow toilet 6L/flush	14L/ flush	70	$60 (for 2 toilets)	15
Shower	20L/min.	low-flow showerhead 9.5L/min.	10.5L/ min.	63	$5 (for 1 showerhead)	1
Kitchen Faucet	13.5L/min.	Aerator 7.5L/min.	6L/min.	4	$3 (for 1 kitchen aerator)	13
Bathroom Faucet	13.5L/min.	Aerator 2L/min.	11.5L/ min.	23	$6 (for 2 bathroom aerators)	5
COMPLETE WATER-EFFICIENT PACKAGE					$74	8

The second and third parts of this study examine general planning principles that affect the overall liveability of Grow Home housing environments. Issues related to site planning, housing identity, outdoor living spaces, vehicular circulation and parking, and environmental comfort are explored. The tradeoffs and costs associated with alternative community designs are illustrated using three hypothetical developments of varying densities and housing types for an existing site in Aylmer, Quebec. The densest of these three scenarios, at 63 units per net hectare, was the most affordable development on a per unit basis, in terms of land costs, construction costs, infrastructure costs and green space costs.

This issue of *Research and Development Highlights* has been produced as a result of work carried out by the Research Division of Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC). Any questions about the contents of this highlight may be directed to Mr. David D'Amour, Researcher, Urban and Environmental Relations, at (613) 748-2325.

The Policy, Research and Communications Sector of CMHC carries out and finances a broad range of research on the social, economic and technical aspects of housing. This CMHC *Research and Development Highlight* is one of a series intended to inform you briefly of the nature and scope of these activities.

For more information on CMHC housing research, contact:

The Canadian Housing Information Centre
Canada Mortgage and Housing Corporation
Building C1-200
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7
(613) 748-2367

Earlier *Research and Development Highlights* Publications

Issue 1	Mobility Characteristics of Canadian Households
Issue 2	Condition of Canada's Housing Stock
Issue 3	Accessory Apartments: Characteristics, Issues and Opportunities
Issue 4	The Value of Canada's Homeownership Housing Stock
Issue 5	Canadians and Their Housing: Income, Tenure and Expenditure Shifts
Issue 6	Potential Housing Demand Projections
Issue 7	A Comparison of Housing Needs Measures Used in Canada, the United States and England
Issue 8	Concentration of Wealth Through Ownership
Issue 9	A Socio-Demographic Profile of Canadians Experiencing Health or Activity Limitations
Issue 10	Developing Quality of Life Indicators for Canadian Municipalities
Issue 11	Canadian Housing Need, 1991
Issue 12	Families, Children, and Housing Need in Canada, 1991
Issue 13	The Housing Choices of Immigrants, 1986
Issue 14	Changing Canadian Households, 1971-91

Canada

The Corporation assumes no liability for any damage, injury or expense that may happen as a result of this publication.

Le point en recherche et développement

Série socio-économique *Numéro 15*

Aménagements domiciliaires durables : Principes d'aménagement, de conception et de construction (La Maison évolutive, version écologique)

Introduction

La sensibilisation accrue en matière d'environnement et les changements socio-économiques qui ont cours au Canada créent une demande pour des maisons abordables peu énergivores qui gaspillent moins les ressources et peuvent évoluer au rythme des tendances démographiques. En 1990, le Programme de la maison à coût abordable de l'université McGill dévoilait sa «Maison évolutive», une maison en rangée étroite et adaptable répondant à ces nouvelles demandes. D'une largeur d'un peu moins de 5 mètres, la Maison évolutive réduit considérablement les coûts du terrain et des infrastructures par rapport à une maison individuelle ordinaire. Ses dimensions réduites (93 m^2) et ses murs mitoyens diminuent aussi les coûts de construction et de fonctionnement. Ne nécessitant aucun compromis à l'égard de la qualité de la construction et des matériaux, la Maison évolutive peut être bâtie pour moins de 40 000 $ et, selon le prix du terrain et les coûts de viabilisation, elle peut se vendre pour moins de 100 000 $ tout compris.

Cette étude, commandée par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), examine une gamme de questions ayant trait à la planification, à la conception et à la construction de maisons plus écologiques. Prenant pour point de référence une maison évolutive standard, le rapport passe en revue les méthodes, les pratiques et les produits suivants qui peuvent permettre d'économiser l'énergie, les sols, l'eau et d'autres ressources naturelles :

1. Principes de planification des habitations
2. Techniques de construction R-2000
3. Détails de construction
4. Panneaux muraux préfabriqués
5. Matériaux de construction

This publication is also available in English under the title *Sustainable Residential Developments: Planning, Design and Construction Principles (Greening the "Grow Home").*

SCHL CMHC
Question habitation, comptez sur nous

6. Fenêtres
7. Systèmes mécaniques
8. Appareils de plomberie à faible consommation d'eau
9. Xéropaysagisme : paysage économiseur d'eau
10. Élimination des déchets
11. Milieux intérieurs sains

Le cas échéant, ces produits, méthodes et pratiques sont analysés selon leurs délais de récupération, c'est-à-dire la période nécessaire pour récupérer l'investissement initial (dans ce cas-ci, la différence de prix entre la technique traditionnelle et la solution écologique). Chaque chapitre se termine par des principes directeurs généraux que les constructeurs peuvent suivre pour que leurs maisons utilisent les ressources de façon plus efficiente. D'autres sources de référence sont également fournies pour chaque sujet traité.

Quelques résultats importants

Principes de planification des habitations

Quoi de plus facile pour réduire la quantité de matériaux et la déperdition de chaleur que de simplifier la configuration de l'habitation. La configuration circulaire est certainement la forme la plus efficiente pour ce qui est des quantités de matériaux requis et du chauffage. Cependant, l'espace intérieur est difficile à diviser, la construction des murs courbes peut être coûteuse et cette forme ne correspond pas aux attentes des Canadiens en matière d'habitation. Bien qu'un peu moins efficientes, les configurations d'habitation carrée et rectangulaire sont les plus traditionnelles et les plus commercialisables. En outre, les économies de terrain et d'infrastructure réalisées grâce aux configurations rectangulaires, lesquelles peuvent être construites sur des terrains étroits, peuvent plus que compenser pour les économies d'énergie et de matériaux rendues possibles par les plans simples ou circulaires. Les habitations rectangulaires peuvent aussi être facilement jointes sous forme de rangées, une source additionnelle d'économies de matériaux et d'énergie.

Quoi de plus facile pour réduire la quantité de matériaux et la déperdition de chaleur que de simplifier la configuration de l'habitation.

La quantité de matériaux peut être réduite davantage grâce à des méthodes plus efficaces de charpenterie. Par exemple, la quantité de bois de construction utilisée pour l'ossature murale peut être réduite de 12 p. 100 en espaçant les poteaux de 610 mm plutôt que de 405 mm. En alignant les solives de plancher sur les poteaux muraux, on arrive à éliminer 61 mètres de poteaux. En montant deux poteaux aux angles au lieu de trois, on économise encore 19,5 mètres de bois et la même technique appliquée aux cloisons intérieures permet de gagner 97,5 mètres en bois de charpente intérieur. Pour quatre maisons bâties, ces techniques permettraient d'économiser suffisamment de bois de construction pour faire la charpente des murs d'une cinquième maison.

Les déchets de bois peuvent être réduits en faisant en sorte que les plans correspondent aux dimensions modulaires standards des matériaux de construction. Le tableau 1 illustre quatre plans simples à aire de plancher identique, mais aux dimensions différentes. Bien que la différence soit minime en ce qui a trait à la quantité de bois requise pour la mise en œuvre de chacun de ces plans, la quantité de déchets qu'elle génère varie considérablement.

Tableau 1 Plans modulaires de rechange / Dimensions et utilisation des matériaux

			Solives		Panneaux	
Plan	Module	Dimensions (m^2)	commandées (m)	gaspillées (m)	commandés (m^2)	gaspillés (m^2)
Plan 1	Pas de module	5,2 x 9 m (46,8 m^2)	403,6	25,4	249,7	17,2
Plan 2	406 mm (16 po)	5,3 x 8,7 m (46,1 m^2)	408,4	24,0	249,7	16,4
Plan 3	610 mm (24 po)	4,3 x 11 m (47,3 m^2)	302,4	2,4	249,7	7,3
Plan 4	1 220 mm (48 po)	4,9 x 9,6 m (47,04 m^2)	302,4	0,0	237,9	0,0

Détails de construction

Des mesures simples peuvent contribuer à économiser l'énergie et à améliorer la qualité de l'air intérieur. Les fuites d'air d'une maison type varient entre 0,5 et 1,0 renouvellement d'air par heure (RA/h). En remplissant de natte isolante ou d'isolant rigide les cavités entre les solives, en accroissant l'espacement des poteaux pour réduire les ponts thermiques, en rendant étanches à l'air les ouvertures techniques ainsi que la pose des portes et des fenêtres, on peut porter cette valeur à 0,1, voire 0,05 RA/h. Pour une maison de 150 m², ceci représente une baisse d'environ 348 m³ d'air. À Montréal, il en coûterait approximativement 455 $ par an pour chauffer et climatiser ce volume d'air. Le tableau 2 montre que les coûts supplémentaires inhérents à une construction étanche à l'air sont récupérés par les économies d'énergie au bout de trois à cinq ans.

Tableau 2 Coûts d'une construction étanche à l'air

Qualité d'exécution	Économies d'énergie	Coûts de construction différentiels	Délai de récupération (années) [1]
Étanche à l'air (0,10 RA/h)	77 $	230 $	3,3
Très étanche à l'air (0,05 RA/h)	88 $	381 $	5,1

[1] Délai de récupération réel; données fondées sur un taux d'escompte de 10 % et un taux d'inflation de 4 % des coûts énergétiques.

Panneaux muraux préfabriqués

L'emploi de panneaux muraux préfabriqués peut être très économique tant sur le plan de la construction que des frais de fonctionnement. Les frais de fonctionnement sont moins élevés du fait de la qualité supérieure des éléments : meilleure résistance thermique, ponts thermiques réduits et étanchéité à l'air des systèmes. Les frais de construction peuvent être abaissés en réduisant le gaspillage des matériaux sur le chantier (comme dans les cas de gauchissement, de pourriture, de vol ou de vandalisme). La rapidité du processus d'assemblage peut également se traduire par des économies en termes de frais généraux et de frais de financement.

Fenêtres

La déperdition de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment peut être amplement diminuée si l'on choisit des fenêtres de qualité supérieure. Les économies sont les plus marquées pour une maison en rangée, car l'aire des fenêtres occupe une plus forte proportion de la surface des murs extérieurs. Dans une maison évolutive en rangée, les fenêtres occupent quelque 25 p. 100 de la surface totale des murs extérieurs et sont responsables de 45 p. 100 de la perte de chaleur totale. Le tableau 3 illustre ces économies de coûts énergétiques et donne les périodes de récupération associées aux différents types de vitrage. Les économies de coûts énergétiques ne sont fondées que sur les pertes de chaleur et n'incluent pas les gains solaires passifs. Compte tenu des gains d'énergie solaire, l'investissement requis pour remplacer une fenêtre standard par une fenêtre performante (RSI 0,59) peut être récupéré en trois ans et demi.

Tableau 3 Délai de récupération pour différents types de vitrage

Type de vitrage	RSI (fenêtre)	Déperdition de chaleur (W)	Énergie consommée (kWh)	Coûts énergétiques épargnés	Augmentation de coût différentielle	Délai de récupération (années)
Double, air, intercalaire en aluminium	0,36	1 780	2 599	Standards	Standard	—
+ pellicule à faible émissivité	0,47	1 363	1 991	29 $	239 $	11,7
+ argon	0,52	1 232	1 799	37 $	259 $	9,3
+ intercalaire isolant	0,59	1 093	1 597	47 $	408 $	12,6

- **On suppose que le cadre des fenêtres est en bois.**
- **Les valeurs RSI et les coûts différentiels proviennent de Scanada, 1992.**
- **La consommation d'énergie est fondée sur des données de la région de Montréal et on suppose que les coûts de chauffage sont de 0,0489 $/kWh.**
- **Le délai de récupération repose sur la perte de chaleur seulement; les gains de chaleur ne sont pas pris en compte.**

La déperdition de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment peut être amplement diminuée si l'on choisit des fenêtres de qualité supérieure.

Économie de l'eau

Le tableau 4 montre que l'installation d'un ensemble complet économiseur d'eau coûte 74 $ de plus. Le délai de récupération du coût de ces améliorations est de huit mois selon un coût moyen de l'eau au Canada de 0,65 $/m³. Ce délai ne tient pas compte des économies d'énergie additionnelles qui découlent de l'économie de l'eau chaude.

Tableau 4 Appareils économiseurs d'eau et délais de récupération

Appareil	Consommation type	Dispositif économiseur d'eau	Économies d'eau		Différence de prix initiale	Délai de récupération (mois)
			par unité	L/j/tête		
Toilette	20 L/chasse	toilette à faible chasse d'eau (6 L/chasse)	14 L/ chasse	70	60 $ (pour 2 toilettes)	15
Douche	20 L/min.	pomme de douche à débit réduit 9,5 L/min.	10,5 L/ min.	63	5 $ (pour 1 pomme de douche)	1
Robinet de cuisine	13,5 L/min.	brise-jet 7,5 L/min.	6 L/ min.	4	3 $ (pour 1 brise-jet de cuisine)	13
Robinet de salle de bains	13,5 L/min.	brise-jet 2 L/min.	11,5 L/ min.	23	6 $ (pour 2 brise-jets de salle de bains)	5
ENSEMBLE COMPLET ÉCONOMISEUR D'EAU					74 $	8

Les deuxième et troisième parties de cette étude examinent les principes de planification généraux qui influent sur l'habitabilité globale des milieux intérieurs de la Maison évolutive. Les questions ayant trait aux plans d'implantation, à l'identité du logement, aux aires de séjour extérieures, à la circulation automobile, au stationnement et au confort du milieu sont également abordées. Les compromis et les coûts liés aux plans d'implantation de rechange sont illustrés au moyen de trois aménagements hypothétiques formés de différents types de logement à des densités diverses sur un terrain existant situé à Aylmer, au Québec. Celui des trois scénarios qui permet la plus forte densité, soit 63 logements par hectare net, constitue l'aménagement le plus abordable du point de vue unitaire et en termes de coûts du terrain, de coûts de construction, de coûts d'infrastructure et de coûts des espaces verts.

Ce numéro du *Point en recherche et développement* a été réalisé par la Division de la recherche de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). Toute question sur le contenu de ce numéro peut être adressée à M. David D'Amour, chercheur, Rapports entre l'habitat urbain et l'environnement, (613) 748-2325.

Le secteur des propositions, de la recherche et des communications de la SCHL exécute et finance un vaste éventail de recherches sur les aspects sociaux, économiques et techniques du logement. Le présent numéro du *Point en recherche et développement* s'inscrit dans une série destinée à vous informer brièvement de la nature et de la portée de ces activités.

Pour de plus amples renseignements relatifs à la recherche sur le logement à la SCHL, veuillez communiquer avec le :

Centre canadien de documentation sur l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal, C1-200
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7
(613) 748-2367

Déjà publiés dans la série *Le point en recherche et développement*

Numéro 1 La mobilité des ménages canadiens
Numéro 2 L'état du parc de logements au Canada
Numéro 3 Les appartements accessoires : caractéristiques, questions et occasions
Numéro 4 La valeur du stock de logement de type propriétaire-occupant au Canada
Numéro 5 Les Canadiens et leur logement : variations du revenu, du mode d'occupation et des dépenses
Numéro 6 Prévisions de la demande éventuelle de logements
Numéro 7 Comparaison des mesures utilisées au Canada, aux États-Unis et en Angleterre pour déterminer les besoins de logements
Numéro 8 Polarisation de la richesse par la propriété
Numéro 9 Profil socio-démographique des Canadiens ayant un problème de santé ou de limitation de leurs activités
Numéro 10 Élaboration d'indicateurs de la qualité de la vie dans les municipalités canadiennes
Numéro 11 Les besoins de logement au Canada en 1991
Numéro 12 Les familles, les enfants et les besoins de logement au Canada, 1991
Numéro 13 Les choix de logement des immigrants, 1986
Numéro 14 L'évolution des ménages canadiens, 1971-91

Canada *La Société n'assume aucune responsabilité en cas de dommages, de préjudices ou de frais entraînés par l'utilisation de cette publication.*